

摂南大学工学部 正会員 平城弘一 酒井鉄工所 正会員○前田泰秀 酒井鉄工所 正会員 石崎茂  
日本スタッドウェルディング 池尾良一 摂南大学工学部 辻橋浩之 摂南大学工学部 山崎器

1. まえがき

近年、わが国は21世紀の橋梁技術に向けて合理化橋梁の開発に取り組んでいる。そこで本研究では、通常のスタッドに高い剛性が得られるように根元部だけを2回り太くした「変断面スタッド」を提案した。そして、設計においてずれを基盤として設計値が定まる場合、スタッドの使用本数を減らすことが可能となり、合成桁の合理化に大いに寄与できる、と考えた。また、変断面スタッドを用いることにより、鋼桁上フランジ面の突起物高さを低く抑えることができ、プレキャスト床版の送出し工法が可能となり、現場作業での省力化が期待できる。本研究の目的は、押抜き試験体を用いて、疲労強度を明らかにするものである。

2. 試験体の種類と試験方法

表-1に試験体の種類とコンクリートの強度特性を示す。変断面スタッドのカブラースタッドに締結するスタッド軸部には写真-1に示すように、スタッドボルトと高力ボルトを使用した。また、高力ボルトはその頭部形状（六角形）のコーナー部において、支圧応力を受けるコンクリートに応力集中を起こすのではないかと考えられるで、頭部下面にワッシャ（丸形）を付けて試験を行っている。図-1に試験体の形状寸法を示す。

押抜き疲労試験は±30 tのサーボ型疲労試験機を用い荷重制御によって行った。試験は下限荷重を一定とし、上限荷重を種々変化させて行った。また、試験中は変位振幅波形の上限と下限を所定の繰返し回数ごとに測定をした。

3. 試験結果および考察

3.1 変位と繰返し回数の関係

図-2は、応力範囲（ $\Delta \tau$ ）を190 N/mm<sup>2</sup>で試験したAタイプの破壊に至るまでの変位（振動波形の上下限の平均値： $\Delta \delta$ ）の変化状況（ $\Delta \delta$ -N関係）を示したものである。この図から明らかなように、繰返し回数 $6 \times 10^4$ 回を

表-1 試験体の種類

| タイプ                  | 軸径 | スタッド長さ<br>(mm) | コンクリート強度(N/mm <sup>2</sup> )    |                        | 応力範囲<br>$\Delta \tau$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 破壊回数<br>( $\times 10^4$ 回) |
|----------------------|----|----------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|
|                      |    |                | 試験前                             | 試験後                    |                                            |                            |
| 通常ボルト                | A  | 80             | 圧縮強度<br>$f'_c=35.5$             | $f'_c=35.5$            | 190                                        | 14                         |
|                      | B  | 120            |                                 |                        | 190                                        | 22                         |
| 変断面スタッド<br>(スタッドボルト) | C  | 80             | 引張強度<br>$f_t=2.88$              | $f_t=2.77$             | 340                                        | 44                         |
|                      | D  | 120            |                                 |                        | 340                                        | 25                         |
| 変断面スタッド<br>(高力ボルト)   | E  | 80             | ヤング係数<br>$E_c=2.95 \times 10^4$ | $E_c=2.83 \times 10^4$ | 340                                        | 52                         |
|                      | F  | 120            |                                 |                        | 340                                        | 47                         |

越えたあたりから、徐々にずれ変化が進行していることがわかる。このことは



カブラースタッドの根元部 スタッドボルト 高力ボルト

写真-1 変断面スタッド

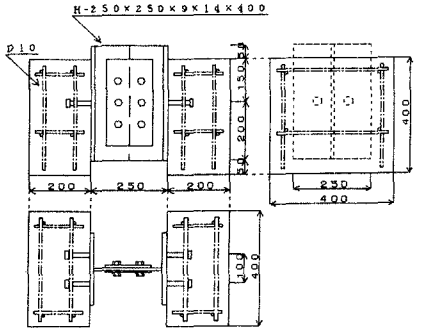


図-1 試験体の形状寸法

繰返し荷重を受けたことにより、スタッド支圧面のコンクリートが局部圧壊を起こし、ずれ変位を進行させている、と考えられる。

図-3 は応力範囲 ( $\Delta \tau$ ) を  $340 \text{ N/mm}^2$  で試験したCタイプの  $\Delta \delta$ -N 関係を示したものである。この図から明らかなように、繰返し回数  $40 \times 10^4$  回を越えたあたりから、徐々に変位が増加し、大きなずれ変位を示して破壊に至っていることがわかる。

図-4 は同じく  $\Delta \tau$  を  $340 \text{ N/mm}^2$  で試験したEタイプの  $\Delta \delta$ -N 関係を示したものである。この図から明らかなように、少ない繰返し回数から徐々にずれ変位が進行し、 $45 \times 10^4$  回を越えたあたりで、急激に破壊に至った様子がうかがえる。

図-3 と図-4 から、疲労破壊に至るまでのずれ変位量は、高力ボルトに比べてスタッドボルトの方が延性に富んでいて、大きいことがわかる。

### 3.2 疲労強度

まず、スタッドに作用するせん断力の変動範囲 (N) は次式より求める。

$$R = \tau \times A_s \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

ここに、 $\tau$  : スタッド一本あたりにかかるせん断力 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_s$  : 軸断面積

次いで、変断面スタッドの静的終局耐力 (N) は次式より求める。作用せん断力と静的終局耐力との比 ( $R/Q_u$ ) と破壊回数 (N) の関係を、図-5 に示す。

$$Q_u = 31 \times A_s \times \sqrt{(H/d) \times f'c} + 7800 \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

ここに、 $Q_u$  : 変断面スタッドの終局耐力 (N)

H : スタッド長さ

d : 軸径

$f'c$  : コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

図-5 より明らかなように、変断面スタッドは通常スタッドより 1.5 倍程度高い疲労強度が得られることがわかった。変断面スタッドについて比較してみると、高力ボルトの方がスタッドボルトよりも若干高い結果を示していると思える。

### 3.3 破壊形式

写真-2 に変断面スタッドが根元部で疲労破壊している状況を示す。疲労破壊はカブラースタッドの根元部においてフランジ側に食い込むような破壊と、さらにカブラースタッドの上端、つまりスタッドの軸部の断面変化点においても疲労破壊していた。

## 4. まとめ

今回の押抜き疲労試験の結果より、変断面スタッドの疲労強度は、通常スタッドのものと比較して、極めて高い値を示すことがわかった。

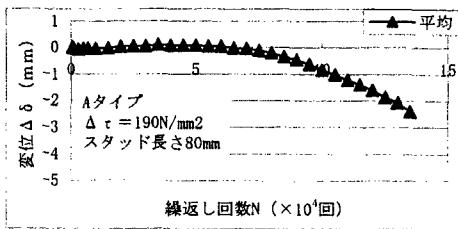


図-2 変位と繰返し回数の関係

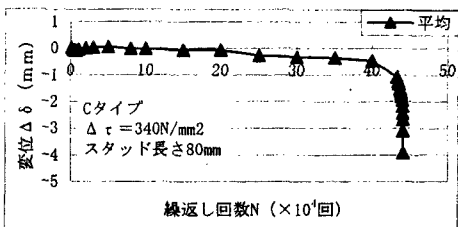


図-3 変位と繰返し回数の関係

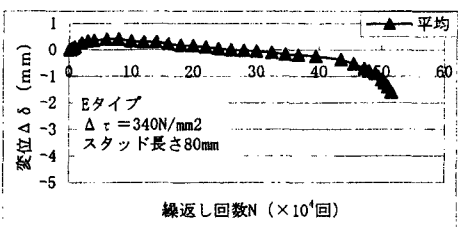


図-4 変位と繰返し回数の関係

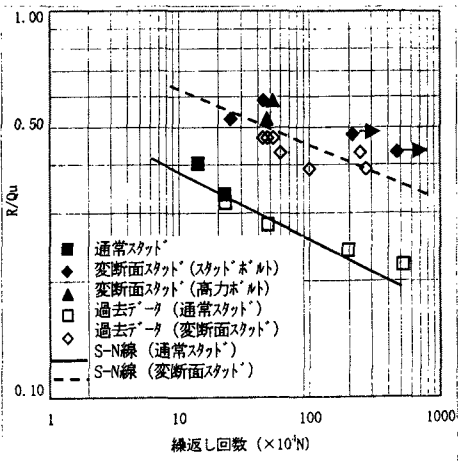


図-5 R/Qu 関係



写真-2 破壊形状